

Un projet tutoré en licence professionnelle à l'Université de Grenoble-Alpes : une démarche complète de prospection

Mai-Linh Doan et Fabienne Giraud¹.

Cartographier les structures géologiques nécessite de combiner des observations géologiques de surface à des mesures géophysiques quantitatives de subsurface. Les mesures géophysiques permettent d'extrapoler en profondeur les observations de surface, mais les profils précis qu'elles génèrent peuvent être sur-interprétés en l'absence de contrôle géologique. La conjonction des compétences géologiques et géophysiques est donc nécessaire à la réalisation d'une image fiable du sous-sol.

Au sein de l'université Grenoble-Alpes, la licence professionnelle « Prospection et Protection des Ressources Souterraines » (PPRS) forme des techniciens supérieurs à l'acquisition de données géologiques et géophysiques de terrain. Cette formation repose sur la pratique : d'abord, par le choix d'une formation exclusivement **par alternance, en contrat d'apprentissage ou de professionnalisation**, ensuite par les nombreux stages de terrain qui émaillent l'année scolaire.

Le projet tutoré propose un cadre concret pour illustrer l'intérêt d'une approche conjointe en géologie et géophysique. **Sur un même site**, nous proposons aux étudiants de réaliser une étude géologique, motivant des mesures géophysiques complémentaires. L'ensemble des données géologiques de surface et des données géophysiques en profondeur est intégré dans des systèmes d'information géographique (SIG) 2D et 3D.

Depuis 2015-2016, ce projet tutoré est réalisé au sein de la carrière de granulats de Vicat située à Barraux (38530)

en Isère (Fig. 1). Sous prétexte de réaliser une extension de cette carrière, il s'agit pour les étudiants d'abord de caractériser le gisement, en comprenant ses origines géologiques, puis d'en estimer spatialement et quantitativement son extension.

La carrière se situe dans des dépôts sableux, fluviaux et deltaïques (Fig. 2), déposés en période interglaciaire au pied du massif de la Chartreuse. Le gisement est délimité à sa base par des argiles bleues inexploitable. Pour caractériser ces dépôts, les étudiants découvrent le gisement à plusieurs échelles. Ils le replacent d'abord dans le contexte géologique régional, à l'échelle kilométrique (coupe de la Chartreuse, voir figure 2), puis ils sont invités à pénétrer dans la carrière pour observer les fronts de taille (échelle décamétrique, Photo 1), pour identifier les différents faciès, que l'on peut raffiner à l'échelle métrique par l'étude de carottes provenant de sondages d'exploration mis à leur disposition par Vicat. Ainsi, les étudiants peuvent réaliser une colonne stratigraphique d'évolution des milieux dans un premier temps (colonne stratigraphique, voir figure 2). Les étudiants appréhendent aussi la complexité des dépôts deltaïques, marqués par de superbes deltas de Gilbert (voir Photo 1), et des dépôts alluvionnaires, liés aux divagations de l'Arc et de l'Isère. Une compréhension de la paléogéographie en trois dimensions est ainsi obtenue.

Pour cela, il faut pouvoir extrapoler les observations réalisées dans la carrière à l'ensemble du plateau de Barraux. Or, les affleurements sont rares dans les

1. Mai-Linh Doan et Fabienne Giraud pour l'équipe pédagogique PPRS.
Mai-Linh Doan, Maître de Conférences. Courriel : mai-linh.doan@univ-grenoble-alpes.fr
Fabienne Giraud, Maître de Conférences. Courriel : fabienne.giraud-guillot@univ-grenoble-alpes.fr

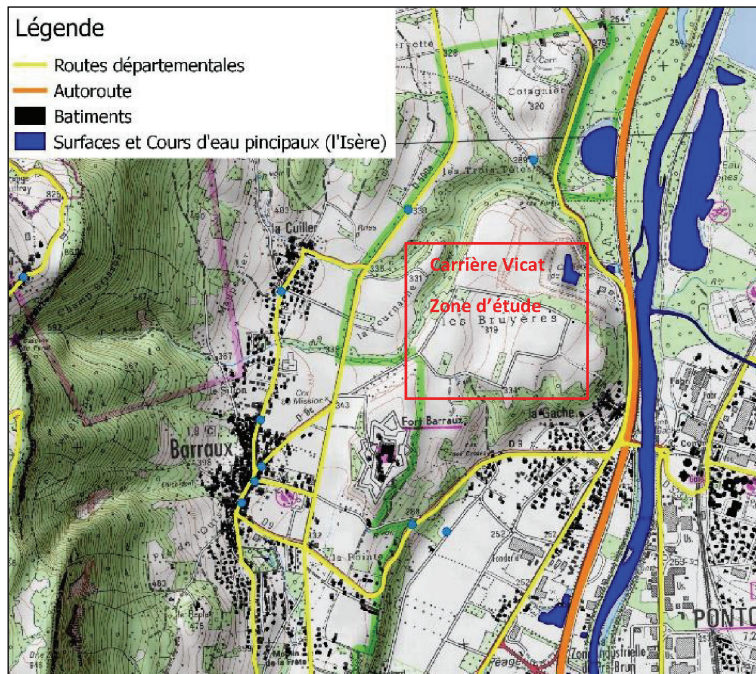


Figure 1. Plan de position de la carrière Vicat et de la zone d'étude.

champs occupant le sommet du plateau. Aux deux jours de découverte de la géologie du site, succèdent donc deux journées de prospection géophysique. Dans un premier temps, en novembre, des profils de sismique réfraction et de tomographie électrique sont réalisés dans la zone d'extension prévue de la carrière. Simultanément, un GPS RTK² permet de localiser les profils géophysiques et de construire un modèle numérique de terrain. Dans un deuxième temps, en mars, des mesures complémentaires, profils radar et cartographie électromagnétique (EM), permettent aux étudiants de découvrir d'autres méthodes géophysiques. La cartographie EM permet notamment de déterminer l'extension latérale des argiles lacustres, qui se caractérisent par des résistivités de faibles valeurs (Fig. 3).



Photo 1. Affleurement de dépôts deltaïques sur le front de taille de la carrière (crédit photographique : ML Doan).

Ces campagnes géophysiques sont complètement intégrées dans le module de géophysique. C'est à leur occasion que les étudiants découvrent, pour la première fois, par la pratique, de nouvelles méthodes géophysiques. Les explications théoriques développées par la suite en salle prennent un sens beaucoup plus concret pour les étudiants ayant déjà manipulé les appareils.

L'utilisation conjointe de différentes méthodes géophysiques sur un même site permet de faire comprendre aux étudiants leur différence et leur complémentarité. Leurs déploiements dans un contexte industriel illustrent aussi les difficultés que peuvent rencontrer des techniciens professionnels. Par exemple, les vibrations induites par les engins de chantier ont fortement dégradé les signaux de sismique réfraction. Les étudiants doivent repérer ces difficultés sur le terrain et employer des techniques adaptées pour résoudre ce problème, par exemple en sommant plus de signaux sismiques.

L'ensemble des données géologiques et géophysiques est ensuite exploité lors des cours sur les systèmes d'information géographique. Les étudiants sont initiés à deux logiciels de SIG 2D : ArcGIS³ et QGIS⁴, un logiciel libre de conception similaire à MapInfo⁵. Avec ces logiciels, les étudiants géoréférencent leurs acquisitions géophysiques (Fig. 4). Les relevés GPS RTK permettent aussi de réaliser un modèle numérique de terrain (MNT) du plateau sous lequel pourrait s'étendre la carrière.

Ces données sont ensuite couplées à des informations gracieusement fournies par l'entreprise Vicat. Les données sont très variées : cartes géologiques et cartographie EM habillent la surface 2D des MNT, coupes géologiques et tomographies électriques contraignent des surfaces 2D verticales, des forages 1D positionnent précisément les profon-

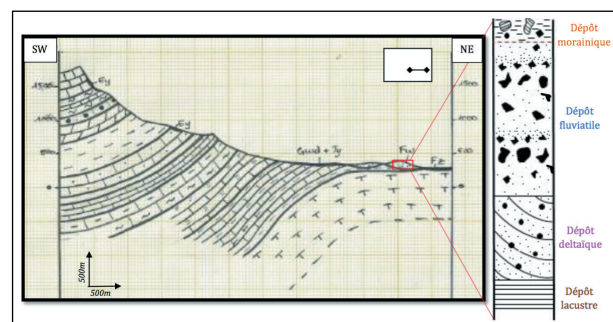


Figure 2. Coupe géologique réalisée par une étudiante à partir de la carte de Montmélian, replaçant la carrière dans la géologie régionale, marquée par l'empilement stratigraphique du massif de la Chartreuse. La colonne stratigraphique à droite montre la ressource exploitée : les sables des dépôts fluviaux et deltaïques (Photo). Ceux-ci surplombent des argiles lacustres qui marquent le mur du gisement. (Source C. Bettega).

2. Le GPS-RTK (Global Positioning System - Real Time Kinematics) est un système de géopositionnement permettant d'atteindre une précision centimétrique en temps réel.
 3. ArcGIS est une suite de logiciels de Système d'Information Géographique commercialisé par la société ESRI (<http://www.esri.fr>).
 4. QGIS est un logiciel libre de Système d'Information Géographique (<http://www.qgis.org>).
 5. MapInfo est un logiciel libre de Système d'Information Géographique développé par la société Pitney Bowes Software (PBS (<http://www.infosig.net/>)).

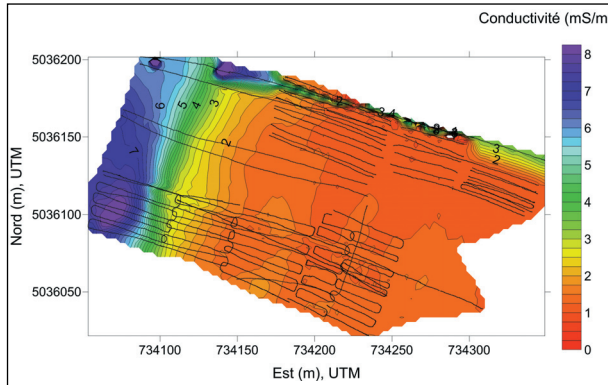


Figure 3. Cartographie de la conductivité de subsurface référencée en coordonnées UTM 30. Les conductivités sont en mS/m. Le gisement a une conductivité plus faible (couleur rouge) que les argiles encaissantes (bleu) (source S. Garambois).

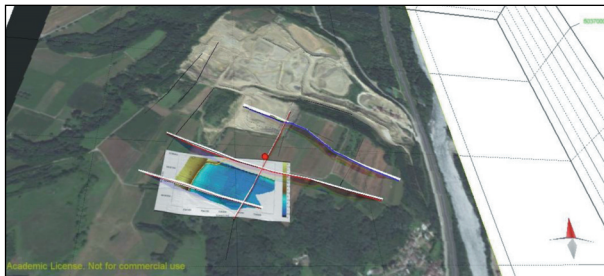


Figure 4. Géoréférencement des panneaux verticaux de tomographie électrique et de la cartographie électromagnétique via le géomodeleur 3D Move⁶. Une photographie aérienne permet aux étudiants de relier ce géoréférencement à leur expérience de terrain (source : L. Ligeon-Ligeonnet).

deurs des interfaces géologiques. Ces contraintes permettent de construire un géomodèle du gisement en trois dimensions. Il est alors possible de déduire le volume de l'extension du gisement et son potentiel économique (Fig. 5).

Ce projet très complet a **de multiples vertus pédagogiques**. Il permet aux étudiants d'appréhender la démarche de la prospection, qui demande de coupler des méthodes diverses et qui allie travail de terrain et dépouillement de données. Lors de leur formation, ces futurs techniciens se constituent ainsi une boîte à outils « métiers » qu'ils auront eu l'occasion d'exploiter dans sa globalité, en contexte industriel. Cette démarche intégrative leur fait prendre conscience de **la pertinence et de l'intrication de tous les enseignements de la formation**.

La licence professionnelle PPRS (« Prospection et Protection des Ressources Souterraines ») fait partie de la licence « Métiers de la Protection et de la Gestion de l'Environnement » de l'UFR Physique Ingénierie Terre Environnement Mécanique (PhITEM) de l'Université Grenoble-Alpes.

Cette formation en alternance peut accueillir jusqu'à 14 apprentis. Elle est portée par FormaSup⁷ Isère-Drôme-Ardèche.

Site Web : <http://www.osug.fr/la-formation/licences/licence-pro-l3-prospection-et-protection-des-ressources-souterraines.html> Contact : PhITEM.licencepro-PPRS@univ-grenoble-alpes.fr

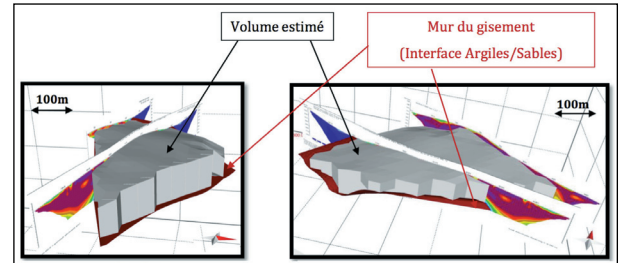


Figure 5. Estimation de l'extension du gisement restant à exploiter en utilisant le géomodeleur 3D Move (source : C. Bettega).

Ce projet tutoré est structurant pour notre licence professionnelle **car il pousse à décroisser les enseignements**. Il demande une forte communication au sein de l'équipe pédagogique, tout au long de l'année et aussi une importante préparation en amont. À plusieurs reprises, des groupes multidisciplinaires d'enseignants ont visité la carrière et rencontré les responsables du site. Cela aide à souder l'équipe pédagogique pour délivrer l'enseignement de qualité qui aidera les étudiants à accomplir leur projet professionnel.

C'est lors de la première année de la licence que le projet tutoré se déroule au sein de la carrière de Barraux. Des imperfections subsistent, notamment dans la qualité de certaines données géophysiques. Mais d'ores et déjà, le bilan est très positif : il se peut que nous ayons enfin trouvé le site quasi-parfait. Cela n'aurait pas été possible sans l'implication de Thomas Cobessi, responsable géologique du site que nous remercions particulièrement. L'intervention de Mireille Favaron, géologue consultant et ancienne ingénieure Vicat, a aussi été une importante plus-value pour faire découvrir le site aux étudiants.

Suggéré à l'origine par des chercheurs, Christian Crouzet et Gilles Ménard, qui travaillent sur l'histoire quaternaire de la vallée du Grésivaudan, ce projet tutoré dans la carrière Vicat apporte à la licence une ouverture supplémentaire vers le monde industriel. Le site est un formidable terrain d'application des méthodes enseignées, pour les étudiants et les enseignants, aussi pour l'entreprise qui a ainsi l'occasion de revisiter ses résultats antérieurs et de bénéficier de nouvelles campagnes géophysiques. C'est donc un exemple réussi de synergie entre le monde universitaire et industriel.

6. 3D MOVE fait partie de la suite logicielle produit par la société Midland Valley (<http://www.mve.com/software/move>).

7. FormaSup Isère-Drôme-Ardèche (<http://www.formasup-ida.com/>) est un organisme régional promouvant l'apprentissage dans l'enseignement supérieur.